

Na prawach rękopisu  
do użytku służbowego

KATEDRA ENERGOELEKTRYKI POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ  
Raport serii SPRAWOZDANIA Nr

LABORATORIUM ELEMENTÓW TECHNIKI STEROWANIA  
INSTRUKCJA LABORATORYJNA

## **ĆWICZENIE Nr 2**

### **Zamknięte i otwarte systemy sterowania**

Mirosław Łukowicz

Słowa kluczowe:  
układ inercyjny I rzędu, otwarty i  
zamknięty układ sterowania, zakłócenia,  
układ regulacji automatycznej

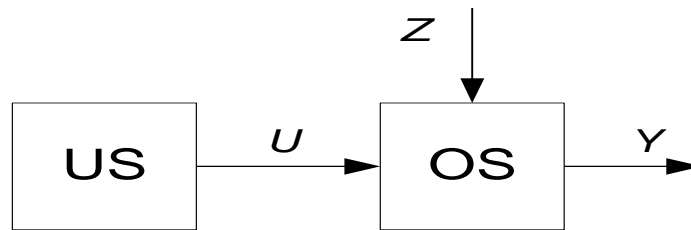
WROCŁAW 2022

## 1. Wstęp

Układy sterowania, ze względu na zdobywaną informację o procesie sterowania i ewentualnych zakłóceniach dzieli się na układy otwarte bez pomiaru zakłóceń (rys. 1), układy otwarte z pomiarem zakłóceń (rys. 2), układy zamknięte bez pomiaru zakłóceń (rys. 3) i układy zamknięte z pomiarem zakłóceń (rys. 4).

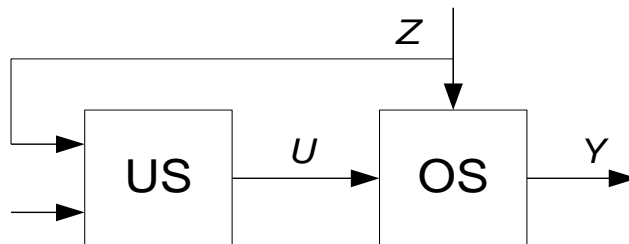
## 2. Otwarty układ sterowania

Otwarty układ sterowania bez pomiaru zakłóceń jest najprostszą realizacją kontroli wartości sygnału wyjściowego obiektu. Jedynym możliwym sposobem generowania sygnału sterującego jest tabelaryzacja zależności sygnału wyjściowego obiektu od sygnału sterującego lub sformułowanie tej zależności w postaci wzoru. W związku z tym urządzenie sterujące (US) dla zadanej wartości sygnału wyjściowego pobiera z tabeli odpowiedni sygnał sterujący lub wylicza go na podstawie odpowiedniego wzoru. Pozytywną cechą takiego układu sterowania jest oczywiście prostota, natomiast wadą jest duża czułość na zakłócenia i zmiany obiektu sterowania w czasie.



Rys. 1. Otwarty układ sterowania bez pomiaru zakłóceń.

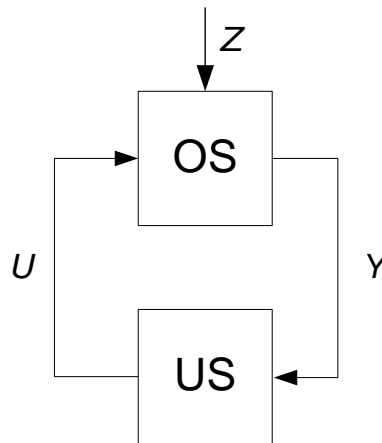
Pewnym ulepszeniem układu otwartego jest uwzględnienie w procesie generacji sygnału sterującego zakłóceń oddziałujących na obiekt. W takim rozwiązaniu potencjalna tabelka z wartościami sygnału sterującego podlega parametryzacji, tzn. zakłócenie wpływa na wybór odpowiedniej wersji tabelki lub też parametr ten jest uwzględniony we wzorze (algorytmie) sterującym. Zaletą tego układu jest szybka reakcja na zewnętrzne zakłócenie mierzalne, natomiast wadą jest czułość na zakłócenie niemierzalne i zmiany w samym obiekcie.



Rys. 2. Otwarty układ sterowania z pomiarem zakłóceń.

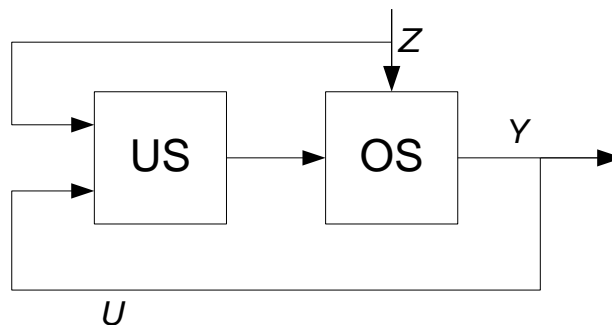
## 2. Zamknięty układ sterowania

Zamknięty układ sterowania z zadaną wartością sygnału wyjściowego obiektu nazywany jest układem regulacji automatycznej. Ponieważ sterowanie w tym układzie prowadzone jest na podstawie faktycznej wartości sygnału wyjściowego obiektu, wpływ wszelkich zakłóceń i zmian samego obiektu są kompensowane w wyniku działania pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego.



Rys. 3. Zamknięty układ sterowania bez pomiaru zakłóceń.

Wadą układu zamkniętego bez pomiaru zakłóceń jest reakcja urządzenia sterującego dopiero po pojawieniu się symptomów zakłócenia w sygnale  $Y$ .



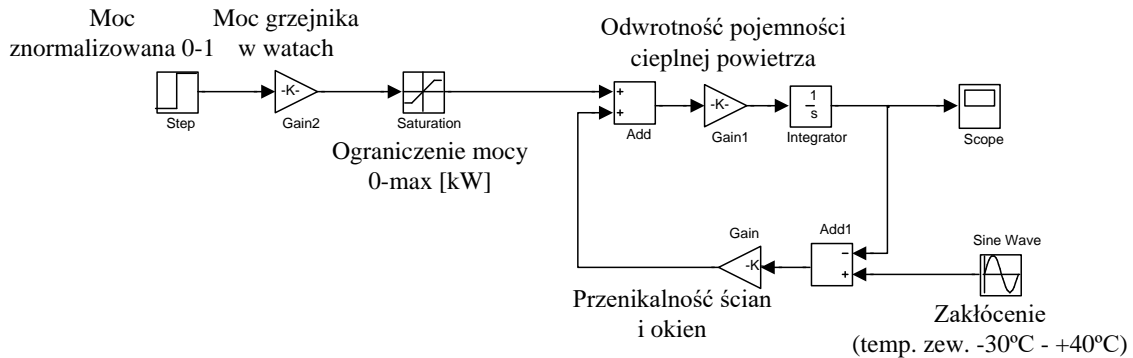
Rys. 4. Zamknięty układ sterowania z pomiarem zakłóceń.

Całkowite wyeliminowanie wpływu zakłóceń na sygnał wyjściowy obiektu możliwe jest tylko w przypadku pomiaru zakłóceń i uwzględnieniu ich w algorytmie sterowania.

## PROGRAM ĆWICZENIA

1. Zamodelować, jak na rys. 5, system ogrzewania pomieszczenia o bryle sześcianu  $10\text{m} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$ , we wnętrzu którego umieszczony jest grzejnik o nieznannej mocy  $P$ .

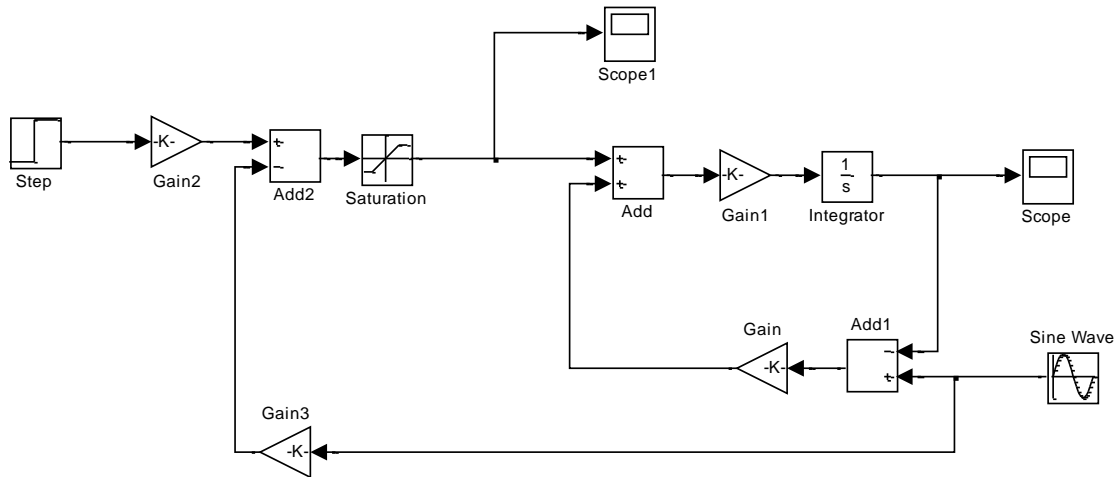
Założyć, że wymiana ciepła z otoczeniem odbywa się jedynie przez ściany boczne i dach o przenikalności  $U=(0.2+I*0.1)$  W/(m<sup>2</sup>K), gdzie  $I$  liczba liter imienia oraz jedną ze ścian wykonaną w formie okna o przenikalności cieplnej  $(2.1+N*0.1)$  W/(m<sup>2</sup>K), gdzie  $N$  liczba liter nazwiska.



Rys. 5. Model termiczny budynku mieszkalnego.

Uwagi!

- A) Ciepło właściwe (molowa pojemność cieplna) powietrza jest równe 21 J/(mol·K).
  - B) Objętość 1 mola powietrza to 22.4 dm<sup>3</sup>.
  - C) Zakładamy zerową pojemność cieplną ścian.
  - D) Nie dochodzi do przenikania ciepła przez podstawę budynku.
  - E) Uwzględnić wpływ temperatury zewnętrznej w granicach -30°C +40°C na temp. wewnątrz budynku.
2. Dobrać moc grzejnika tak, aby przy minimalnej spodziewanej temperaturze zewnętrznej -30°C, można było osiągnąć temperaturę wewnętrzną +20°C. Zaokrąglić w górę moc grzejnika do pełnych kW.
  3. Zaprojektować algorytm sterowania w układzie otwartym dla temperatury zewnętrznej 0°C.
  4. Zaobserwować wpływ zmian temperatury zewnętrznej o przebiegu sinusoidalnym o amplitudzie 5°C i okresie 1 doby na temperaturę wewnątrz budynku.
  5. Zaprojektować algorytm sterowania w układzie otwartym z pomiarem temperatury zewnętrznej jak na rys. 6 i zaobserwować wpływ zmian temperatury zewnętrznej w formie przebiegu sinusoidalnego o amplitudzie 5°C i okresie 1 doby.



Rys. 6. Otwarty układ sterowania temperatury z pomiarem temp. zewnętrznej.

- Zaprojektować układ regulacji automatycznej z regulatorem PI bez pomiaru temperatury zewnętrznej. Założyć, że temperatura zadana jest równa  $20^{\circ}\text{C}$  i zaobserwować odpowiedź układu, gdy temperatura zewnętrzna oscyluje wokół  $5^{\circ}\text{C}$  z amplitudą  $5^{\circ}\text{C}$  z okresem równym jednej dobie.